

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»,
_____ Братан С.М.
« 22 » 05 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.В.02 Технологии быстрого прототипирования
(шифр и название дисциплины)

направление подготовки **15.06.01 Машиностроение**
(шифр и название направления подготовки)

профиль **Технология и оборудование механической
и физико-технической обработки**
(название профиля)

уровень высшего образования **аспирантура**
(бакалавриат, специалитет, магистратура)

квалификация **Исследователь. Преподаватель-исследователь**
(название)

Севастополь
2019

Рабочая программа дисциплины «Технологии быстрого прототипирования» для обучающихся по программам аспирантуры по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение (профиль «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»).

1. Разработана кафедрой «Технология машиностроения» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в соответствии со следующими нормативными документами:

– Федерального закона от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 881;

– Положения о порядке разработки и утверждения основной образовательной программы № 02-08/17, принятого решением ученого совета Севастопольского государственного университета (протокол №1 от 24.04.2015) и утвержденного приказом ректора от 24.04.2015;

– Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденного Приказом Минобрнауки РФ от 19.11.2013 г. № 1259.

2. Впервые утверждена и введена с действие на заседании кафедры «Технологии машиностроения» от «22» 05 2019 г., протокол № 15.

Переутверждена и введена в действие с изменениями на заседании кафедры «Технологии машиностроения» от «___» _____ г., протокол № _____.

Переутверждена и введена в действие с изменениями на заседании кафедры «Технологии машиностроения» от «___» _____ г., протокол № _____.

Переутверждена и введена в действие с изменениями на заседании кафедры «Технологии машиностроения» от «___» _____ г., протокол № _____.

3. Разработчик рабочей программы: Рошупкин С.И., к.т.н, доцент кафедры «Технология машиностроения»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, ее объем и место в структуре образовательной программы.....	4
2. Содержание и структура учебной дисциплины.....	6
3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	8
4. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	9
5. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	13
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	14
7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ЕЕ ОБЪЕМ И МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Технологии быстрого прототипирования» (ТБП) – подготовка аспирантов, обучающихся по направлению 15.06.01 «Машиностроение» к решению профессиональных задач в следующих видах профессиональной деятельности.

Научно-исследовательская деятельность:

- проведение в минимальные сроки научно-исследовательских и опытно-конструкторские разработок (НИОКР) при создании новых образцов техники на основе технологий быстрого прототипирования
- техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработка предложений по их реализации.

Задачи освоения дисциплины

Задачи освоения дисциплины ТБП заключаются в ознакомлении аспирантов с современными технологиями быстрого прототипирования, их основными областями применения, отличительными особенностями, а также в получении навыков практического применения некоторых существующих технологий.

Для освоения дисциплины аспирант должен

знать:

- основные существующие технологии быстрого прототипирования, отличительные особенности, используемые материалы, области и способы их применения;
- перспективы развития технологий быстрого прототипирования;
- основные этапы создания опытного образца;
- программные продукты для трёхмерного моделирования объектов
- технологию получения отливок методом вакуумного литья по выплавляемым моделям

уметь:

- выбрать способ быстрого прототипирования в зависимости от поставленной задачи;
- выполнить последовательность действий по подготовке исходного файла для прототипирования.

владеть:

- навыками проектирования отливок и литниковой системы методом вакуумного литья по выплавляемым моделям;
- навыками анализа функциональности разработанных трехмерных моделей объектов;
- навыками оценки возможностей рационального использования технологий быстрого прототипирования в зависимости от сложности объекта.

Формируемые компетенции

В результате изучения дисциплины ТБП у аспиранта формируются следующие компетенции:

- знает современное состояние, перспективы развития технологий и технологического оборудования на мировом рынке, техническую вооруженность машиностроительной отрасли (ПК-1);
- способен оптимизировать параметры процесса в целях повышения производительности, качества и экономичности обработки, а также снижения энергопотребления (ПК-8);

Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
знает современное состояние, перспективы развития технологий и технологического оборудования на мировом рынке, техническую вооруженность машиностроительной отрасли (ПК-1);	Знать: современное состояние, перспективы развития технологий и технологического оборудования на мировом рынке Уметь: выбирать технологии под конкретные задачи Владеть: навыками оценки технической вооруженности машиностроительных предприятий
способен оптимизировать параметры процесса в целях повышения производительности, качества и экономичности обработки, а также снижения энергопотребления (ПК-8);	Знать: основные критерии для оптимизации параметров процесса в целях повышения производительности Уметь: определять основные резервы для повышения экономичности обработки Владеть: навыками выбора наиболее эффективных технологий с точки зрения снижения издержек на энергопотребление

1.2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина ТБП является факультативной дисциплиной учебного процесса

Изучение дисциплины ТБП базируется на дисциплинах:

1. физика;
2. химия;
3. материаловедение и технология конструкционных материалов;
4. Технологические методы производства заготовок

Результаты освоения дисциплины ТБП будут использованы в научной, исследовательской и педагогической деятельности выпускников.

Знания, полученные при изучении дисциплины, могут использоваться при выполнении диссертационных работ, в которых рассматриваются вопросы проведения исследований с привлечением современных средств создания опытных образцов изделий.

1.3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

Таблица 3.1 – Распределение объема работ по видам занятий

Курс	Семестр	Общий объем, ЗЕ (ч)	Контактная работа, ч			Самостоятельная работа, ч	Реферат, РГЗ, контр. работа, коллоквиум	Курсовой проект (работа)	Зачет (семестр)	Экзамен (семестр)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия					
Очная форма обучения										
1	1	2 (72)	12		-	60		-	1	-

Соотношение количества часов самостоятельной работы аспиранта к общему объему часов составляет:
60/72 (83%)

2. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание учебной дисциплины

Тема 1. Актуальность дисциплины. Классификация существующих способов быстрого прототипирования, краткая история их создания.

Тема 2. Создание моделей методом стереолитографии (SLA-технология).

Тема 3. Создание моделей методом селективного лазерного спекания (selective laser sintering или SLS-технология).

Тема 4. Технология MJM (Multi Jet Modeling) получения восковых синтез-моделей.

Тема 5. Создание моделей методом наплавления (fused deposition modeling или FDM-технология).

Тема 6. Создание изделий из металла методом селективного лазерного сплавления (SLM-технология).

Тема 7. Обзор способов прототипирования, не получивших широкого распространения, а также перспективных направлений развития отрасли.

Тема 8. Технология вакуумного литья по выплавляемым моделям.

2.2 Структура учебной дисциплины

Таблица 2.1 – Структура учебной дисциплины

Темы		Распределение учебного материала занятий, номера занятий (академические часы)			
Наименование тем	Объем в ЗЕ (часах)	лекции	лабораторные занятия	практические занятия	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 1	9 ч	Л1 2 ч			7 ч
Тема 2	9 ч	Л2 2 ч			7 ч
Тема 3	9 ч	Л3 2 ч			7 ч
Тема 4	9 ч	Л4 2ч			7 ч
Тема 5	9 ч	Л5 1 ч			8 ч
Тема 6	9 ч	Л6 1 ч			8 ч
Тема 7	9 ч	Л7 1 ч			8 ч
Тема 8	9 ч	Л8 1 ч			8 ч
Всего по дисциплине	2 ЗЕ (72 ч)	12 ч			60 ч

2.3 Распределение контактной работы

Распределение контактной работы по видам занятий приведено в таблицах 2.2.-2.4.

Таблица 2.2 – Лекции, их содержание и объем в часах

Номер темы	Номер лекции	Наименование темы. Содержание лекции.	Дневная ФО	
			Объем	Курс
1	2	3	4	5
T1	Л1	Актуальность дисциплины. Классификация существующих способов быстрого прототипирования, краткая история их создания.	2	1
T2	Л2	Создание моделей методом стереолитографии (SLA-технология). Сущность метода. Оборудование и материалы. Точность и производительность метода. Преимущества и недостатки.	2	1

1	2	3	4	5
T3	Л3	Создание моделей методом селективного лазерного спекания (selective laser sintering или SLS-технология). Сущность метода. Оборудование и материалы. Точность и производительность метода. Преимущества и недостатки.	2	1
T4	Л4	Технология MJM (Multi Jet Modeling) получения восковых синтез-моделей. Сущность метода. Оборудование и материалы. Точность и производительность метода. Преимущества и недостатки.	2	1
T5	Л5	Создание моделей методом наплавления (fused deposition modeling или FDM-технология). Сущность метода. Оборудование и материалы. Точность и производительность метода. Преимущества и недостатки.	1	1
T6	Л6	Создание изделий из металла методом селективного лазерного сплавления (SLM-технология). Сущность метода. Оборудование и материалы. Точность и производительность метода. Преимущества и недостатки.	1	1
T7	Л7	Обзор способов прототипирования, не получивших широкого распространения, а также перспективных направлений развития отрасли	1	1
T8	Л8	Технология вакуумного литья по выплавляемым моделям. Основные этапы процесса: Создание прототипа. Проектирование литниковой системы. Изготовление пресс-формы. Восковка. Формовка опок. Выжигание воска. Плавка и разливка металла. Размывка опок. Устройство литейных установок.	1	1
		Общий лекционный объем дисциплины	12	

3. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Самостоятельная работа

Наименование работы, ее вид	Содержание / характеристика работы, планируемые результаты
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий)	Воспитание потребности в самообразовании

3.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Наименование работы, ее вид	Перечень учебно-методического обеспечения СРС
Подготовка к лекционным занятиям	Журнал «Аддитивные технологии», доступ по ссылке https://additiv-tech.ru/

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Таблица 4.1 – Матрица формирования компетенций

Занятие	ПК-1	ПК-8
1	4	5
Л1	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л2	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л3	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л4	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л5	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л6	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л7	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III
Л8	3 (ПК-1) –III У (ПК-1) –III В (ПК-1) –III	3 (ПК-8) –III У (ПК-8) –III В (ПК-8) –III

Таблица 4.2 – Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ темы	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
T1		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль
T2		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль
T3		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль Модульный контроль
T4		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль
T5		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль
T6		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль
T7		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль Модульный контроль
T8		З (ПК-1) –III, У (ПК-1) –III, В (ПК-1) –III, З (ПК-8) –III, У (ПК-8) –III, В (ПК-8) –III	Входной контроль Текущий контроль

Таблица 4.3 – Таблица соответствия результатов контроля знаний по разным шкалам и критерии оценивания

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка ECTS	Критерии оценивания	Уровень компетентности	Оценка по национальной шкале	
				для экзамена, КП (КР), практики	для зачета
90 – 100	A	Аспирант обнаруживает особые творческие способности, умеет самостоятельно добывать знания, без помощи преподавателя находит и обрабатывает необходимую информацию, умеет использовать приобретенные знания и умения для принятия решений в нестандартных ситуациях, убедительно аргументирует ответы, самостоятельно раскрывает собственные одаренность и склонность	Высокий (творческий)	отлично	зачтено
82-89	B	Аспирант свободно владеет изученным объемом материала, применяет его на практике, свободно решает упражнения и задачи в стандартных ситуациях, самостоятельно исправляет допущенные ошибки, количество которых незначительно	Достаточный	хорошо	
74-81	C	Аспирант владеет изученным объемом материала, применяет его на практике, решает упражнения и задачи в стандартных ситуациях, с помощью исправляет допущенные ошибки, количество которых незначительно			
64-73	D	Аспирант воспроизводит значительную часть теоретического материала, обнаруживает знание и понимание основных положений; с помощью преподавателя может анализировать учебный материал,	Средний	удовлетворительно	

		исправлять ошибки, среди которых есть значительное количество существенных			
60-63	Е	Аспирант воспроизводит часть теоретического материала, обнаруживает знание и понимание основных положений; с помощью преподавателя может анализировать учебный материал, способен признать допущенные ошибки, среди которых есть существенные			
35-59	FX	Аспирант владеет материалом на уровне отдельных фрагментов, которые составляют незначительную часть учебного материала	Низкий	не удовлетворительно	не зачтено
1-34	F	Аспирант не освоил материал. Рекомендуется повторное изучение материала			

В конце курса по данной дисциплине предусмотрена сдача зачёта

Вопросы к зачету:

- Актуальность дисциплины
- Классификация методов быстрого прототипирования
- Сущность SLA-технологии
- Сущность SLS-технологии
- Сущность MJM-технологии
- Сущность FDM-технологии
- Устройство установок для SLA-технологии
- Устройство установок для SLS-технологии
- Устройство установок для MJM-технологии
- Устройство установок для FDM-технологии
- Устройство установок для SLM-технологии
- Материалы, используемые при построении моделей по SLA-технологии
- Материалы, используемые при построении моделей по SLS-технологии
- Материалы, используемые при построении моделей по MJM-технологии
- Материалы, используемые при построении моделей по FDM-технологии
- Материалы, используемые при построении моделей по SLM-технологии
- Точность и производительность установок, работающих по SLA-технологии
- Точность и производительность установок, работающих по SLS-технологии
- Точность и производительность установок, работающих по MJM-технологии
- Точность и производительность установок, работающих по FDM-технологии
- Точность и производительность установок, работающих по SLM-технологии

- Преимущества и недостатки SLA-технологии
- Преимущества и недостатки SLS-технологии
- Преимущества и недостатки MJM-технологии
- Преимущества и недостатки FDM-технологии
- Преимущества и недостатки SLM-технологии
- Программные продукты для 3d моделирования изделий
- Основные форматы обмена данными
- Материалы, используемые при изготовлении пресс-форм для вакуумного литья по выплавляемым моделям.
- Устройство индукционной литейной машины
- Устройство воскового инжектора
- Этапы получения отливки по технологии литья по выплавляемым моделям
- Основные принципы проектирования литниковой системы для литья по выплавляемым моделям
- Перспективные направления развития технологий и установок для быстрого прототипирования
- Алгоритм действий при создании задачи на 3D-принтере и получении прототипа объекта
- Усадка материала

5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1 – Основная и дополнительная литература

№	Наименование учебника	Колич. экз. в библиотеке
Основная литература		
1	Журнал «Аддитивные технологии», ООО Промедиа	https://additiv-tech.ru/
Дополнительная литература		
2	Журнал Additive Manufacturing (на англ.)	https://www.sciencedirect.com/journal/additive-manufacturing
3	Additive Manufacturing: 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Carl Hanser Verlag, 2016, 600 p, ISBN 978-1-56990-582-1 (на англ)	https://www.sciencedirect.com/book/9781569905821/additive-manufacturing#book-description
4	Additive Manufacturing of Titanium Alloys, Butterworth-Heinemann, 2016, 94 p, ISBN 978-0-12-804782-8	https://www.sciencedirect.com/book/9780128047828/additive-manufacturing-of-titanium-alloys

6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1 – Описание информационных ресурсов необходимых для освоения дисциплины

№	Адрес сайта и его описание	Перечень материалов представленных на сайте
1	Национальный цифровой ресурс Руконт: http://rucont.ru/gcollections	Представлена информация по широкому спектру технических дисциплин: труды, монографии, учебно-методические материалы для аспирантов; подборка, энциклопедий, справочников по разнообразным направлениям техники.
2	ЭБС znanium.com (www.znaniy.com - издательство ИНФРА-М):	
3	ЭБС book.ru (http://www.book.ru/ - Издательство КНОРУС): ЭБС издательства «Лань»	
4	ЭБС «ЮРАЙТ» (www.biblio-online.ru):	
5	Электронная библиотека Издательского дома «Гребенников» (grebennikov.ru).	
6	ЭБС «IPRBooks» http://www.iprbookshop.ru	

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ

- Мультимедийный проектор